

特集 成人心臓血管外科手術における低侵襲治療

MICS (Minimally Invasive Cardiac Surgery) による
大動脈弁置換術

昭和大学医学部外科学講座 (心臓血管外科学部門)

飯塚 弘文 青木 淳 尾本 正

丸田 一人 櫻井 茂 川浦 洋征

はじめに

近年の手術手技、麻酔管理、周術期管理の発達により、以前は高齢・ハイリスクとして適応外と考えられた症例に対しても心臓血管外科手術が検討されるようになった。その結果、高齢者への心臓血管手術は増加傾向にある。高齢者心臓手術は、多臓器合併症を有する頻度が高いこと、そして栄養状態・身体機能・免疫力が低下していることが多いため、手術死亡率、術後重症合併症率が高く、術後に術前と同様な社会生活をおくれるようになるまでに長い時間を要する¹⁾。

Minimally Invasive Cardiac Surgery (MICS) は胸骨正中切開を回避し、皮膚切開を小さくする、あるいは体外循環を用いないことによって、術後合併症の発症回避、早期離床を促進させることを目標として1990年代より開発されてきた。狭い視野で安全に手術を行う為に多様な医療器械が新たに開発され、施設の learning curve とともに良好な手術成績も発表された。それでも、MICS 手術における低侵襲性あるいは安全性について懐疑的な立場をとる術者も少なくなく、いまだ多くの施設では胸骨正中切開で行う心臓手術が主流である。本稿では、現在行われている MICS による大動脈弁手術につき、その手技的側面を主に解説する。

MICS による大動脈弁置換術とは

MICS の定義は国内外で明確にされてはいないが四津らは、(1) 人工心肺を用いない、あるいは (2) 全長にわたる胸骨正中切開を行わない、ことを MICS と定義している²⁾。全長にわたる胸骨正中切開を行

わない小切開法の心臓手術の始まりは1995年に Benetti らが報告した Minimally invasive direct coronary artery bypass (MIDCAB) が最初とされている³⁾。そして翌年の1996年に Cosgrove は傍右胸骨切開による大動脈弁手術を発表した⁴⁾。MICS による大動脈弁手術は第3、4肋間の高さにある大動脈弁が直視下に観察出来れば可能であるため、大動脈弁の直上周囲の胸骨を切開する種々のアプローチが考えられた。

MICS における大動脈弁置換術における切開部位、アプローチ法は大きくわけて①胸骨上方部分切開 (Cosgrove DM, Gundry SR, Svensson LG ら)、②胸骨下方部分切開 (Doty DB)、③胸骨全横離断 (Cosgrove DM)、④傍右胸骨切開 (Cosgrove DM, Gung C ら)、⑤右開胸 (Glauber M)、がある (Fig. 1)⁴⁻¹⁸⁾。各方法の中で、決定的に優れたものではなく、各施設で、症例に応じた適切なアプローチ法が検討されている。

MICS による大動脈弁置換術の実際

当院で経験した胸骨上方部分切開法 (J-incision approach) を中心に述べる。

術前評価

MICS による大動脈弁手術において、術前に確認しておくべきポイントは、①心臓手術の既往、特に胸骨と上行大動脈、右室自由壁との癒着について、②胸郭の変形、③大動脈弁の位置、④胸骨から上行大動脈までの距離、⑤上行大動脈の形態的評価 (外径や石灰化だけでなく、正中からの偏位や湾曲についても)、⑥(右開胸アプローチを選択する際に) 胸

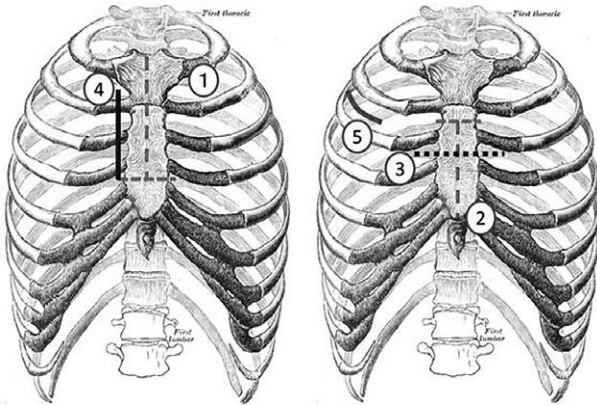


Fig. 1 Aortic valve replacement by a minimally invasive approach

- ①partial upper sternotomy, ②partial lower sternotomy,
③transverse division of sternum, ④parasternal incision,
⑤right mini-thoracotomy.

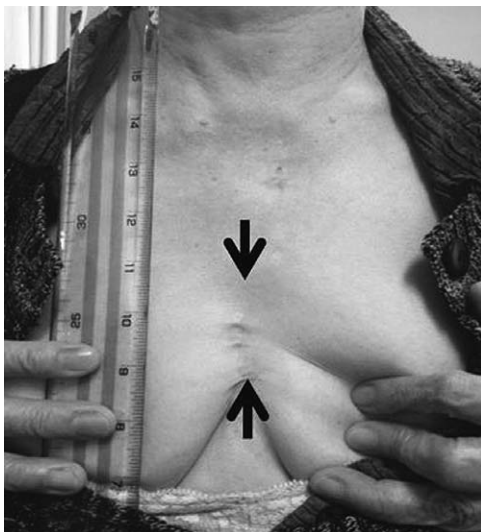


Fig. 2 An 8-10 cm skin incision for aortic valve replacement with partial upper sternotomy

腔の癒着の可能性, ⑦(逆行性送血を行う際) 両側大腿動脈の形態や性状, が挙げられる。

過去の報告では2～3%の症例でMICSから胸骨正中切開へ変更を余儀なくされており^{9,13)}, MICSが無理なく施行可能であるかどうか, 術前に十分に評価されているか非常に重要であると言える。

麻酔と術前準備

全身麻酔は胸骨正中切開と同じであるが, 右開胸, 傍右胸骨切開では片肺換気を行うため double



Fig. 3 Small retractor system (TeDan Surgical Innovations)

lumen endotracheal tube を用いる。除細動には術前からDCパッドを装着して対応する。小児用の除細動パッドも有効であるが, 創部の大きさによっては使用出来ないことがある。

皮膚切開と開胸

皮膚切開は胸骨上窩の胸骨上縁2～3cm下方から正中に8～10cmの長さで行う (Fig. 2)。皮膚は筋鉤で牽引し胸骨, 肋骨から大動脈を十分剥離しておく。海外の報告では第三肋間で切開することもあるが, 日本人の高齢者は大動脈弁の高さが第四肋間であることが多く, 欧米人と比較して低い。そのため胸骨上端から右第四肋間までを oscillating saw を用いて開胸する。開胸には小さな開胸器 (Fig. 3, TeDan Surgical Innovations 社) が必要となる。右内胸動脈は温存可能であるが, 開胸器で開創をすると損傷し出血の原因になることも多く, 結紮することもある。冠動脈危険因子があり, 将来冠動脈バイパスを行う可能性が考慮されるような症例に対して, 内胸動脈の損傷リスクについても十分に考慮してMICSを選択すべきかどうか検討すべきであろう。

心膜を正中で切開すると, 上行大動脈と右心耳が視野に露出される。心膜を上方に釣り上げることでより大動脈弁がより胸骨に近づき大動脈弁の展開が容易になる。しかし胸骨裏と大動脈弁の距離のない患者では右冠尖の弁輪の操作が困難になる場合があり注意を要する。大動脈が左方に位置するために視



Fig. 4 Cygnet Flexible Clamp (VITALITEC)
The clamp is positioned properly with rigid shaft. Then rigid shaft is removed leaving a flexible shaft to be maneuvered from the remote site out of surgical field.

野不良となる場合には、分離肺換気法を用いて、左肺に PEEP を 6 cmH₂O 程度かけることで大動脈が右方偏位し視野が改善される¹⁸⁾。また右心耳への traction suture も大動脈弁の視野展開に有用である。

大動脈遮断

上行大動脈の taping は行わなくても遮断は十分に可能である。一般の遮断鉗子でも大動脈遮断は可能であるが、フレキシブルシャフトの Cygnet Flexible Clamps (Fig. 4, VITALITEC 社) が非常に有用であり、限られた術野を有効に活用できる。右開胸手術では Chitwood (スキャンラン社) の経胸壁の Sliding 大動脈遮断鉗子を第 2, 第 3 肋間から刺入し大動脈遮断を行うこともある。鉗子による大動脈遮断が不可能であれば大動脈閉塞バルーン (Heartport, system, Direct EAC など) を用いることも可能であるが、遮断が不完全であることがあり、また、カテーテルの血管内操作により脳梗塞を起こすリスクもある。

送 血

胸骨正中切開と同じ方法で上行大動脈からの送血が可能である。大腿動脈からの逆行性送血 (18-20Fr Fem-Flex II femoral arterial cannulae : Edwards

社) は術野の面では有用であるが、脳梗塞のリスクが高くなる。胸骨下方部分切開では送血部と大動脈遮断部に十分な距離がとれない場合があり送血部の変更が必要になることがある。右開胸で上行大動脈から送血を行う場合、大動脈との距離が深くなるため送血管挿入時の大動脈損傷のリスクが高くなる。

脱 血

多くの患者では大腿静脈からの一本脱血 (20-28Fr VFEM femoral venous cannula : Edwards 社) で十分な脱血を行える。脱血管は大腿静脈から挿入する場合は経食道超音波でガイドワイヤーを右房内に確認してから脱血管を誘導する。右心耳からの two stage venous cannula を用いた脱血方法も可能であるが、術野の妨げになることがある。大腿静脈脱血のとき脱血不良で右房が大きく張り出し視野の妨げになる場合は右心耳から脱血管を追加することで対応できる。

心 筋 保 護

初回は順行性心筋保護を上行大動脈から行う。2 回目以降は選択的に冠動脈に行くことになるが術野の妨げになるために手術操作を中止して行う必要がある。また右冠動脈への注入が困難な場合もある。逆行性に行う場合には経食道超音波を用いて冠静脈洞に誘導するが、挿入できないことがある¹⁹⁾。

ベント、その他

MICS の視野においてもベントは右上肺静脈から、心房、心室に挿入可能である。術野から心室の状態を観察することが困難であり、全ての症例でベントは入れるべきである。人工弁縫着糸の結紮は手的に困難な場合にはノットプッシャーを使用することで容易に行うことができる。またノットプッシャーの使用と弁周囲逆流との関連性はないと報告されている¹⁵⁾。心室への一時的ペースメーカーリードの留置は心拍動下では困難であることがあるため、大動脈遮断解除前に縫着する必要がある。このため、ペーシング不全となることがあり、Pacing swan-Ganz catheter を用いる場合もある。心拍再開後の大動脈、右房、右上肺動脈の出血に対する追加縫合は困難であるために止血縫合は確実にを行う必要がある。

Table 1 Preoperative patient characteristics

	MICS n = 30	Conventional n = 70	p value
Gender (female)	15 (51%)	33 (47%)	NS
Age (year)	70 ± 10	69 ± 12	NS
BSA (m ²)	1.58 ± 0.20	1.55 ± 0.19	NS
Aortic valve disease			
Aortic stenosis	24 (80%)	48 (69%)	NS
Aortic regurgitation	6 (20%)	22 (31%)	NS

Data expressed as mean ± standard deviation.

MICS; minimally invasive cardiac surgery, NS; not significant

Table 2 In hospital outcome

	MICS n = 30	Conventional n = 70	p-value
Prosthetic valve type			
Biologic	26 (87%)	57 (81%)	NS
Mechanical	4 (13%)	13 (19%)	NS
Prosthetic valve size	21.4 ± 2.3	21.1 ± 2.2	NS
Operation time (min)	288 ± 45	255 ± 6	0.003
CPB time (min)	135 ± 24	118 ± 23	0.0015
Aortic cross clamp time (min)	104 ± 21	88 ± 18	0.0007
Blood transfusion during operation	22 (73%)	53 (76%)	NS
Ventilation time (h)	19 ± 42	33 ± 85	NS
Length of stay			
Intensive care unit	3.8 ± 1.9	3.9 ± 3.5	NS
Hospital	26 ± 66	22 ± 45	NS
Postoperative complication			
Atrial fibrillation	16 (53%)	26 (37%)	NS
Deep sternal wound infection	1 (3.3%)	1 (1.4%)	NS
Pneumonia	2 (6.7%)	4 (5.7%)	NS
Death	0 (0%)	3 (4.3%)	NS

Data expressed mean ± standard deviation.

NS; not significant, MICS; minimally invasive cardiac surgery, CPB; cardiopulmonary bypass

MICS の手術成績

従来の方法に対する MICS による大動脈弁置換術の優位性は美容上以外の点であまり明確ではない。Johnston らは 2689 例の患者を対象に、胸骨上方切開による MICS 1193 例と胸骨正中切開 1496 例で検討しているが術後の脳梗塞、腎障害、心筋梗塞に違いはなく、MICS 群で術後の縦隔ドレーンの出

血量、輸血量、呼吸不全が少なく、疼痛スコアが低く、入院期間が短かったと報告している¹³⁾。当院で行った MICS と正中切開に対する 100 症例の検討 (MICS 30 例：正中切開 70 例) では手術成績に有意差はないものの、MICS 群で人工心肺時間、大動脈遮断時間が有意に長く、傷が小さい以外に明らかな有効性は認めなかった (Table 1, 2)。また Johnston らは 3% (34/1193 名) が、われわれの症

例でも6% (2/30名) がMICSを完遂することができず胸骨正中切開に変更をしている。

2013年アメリカ胸部外科学会において、MICSによる大動脈置換術を積極的に行ってきたMattia氏はMICSによる大動脈弁置換術の利点は合併症の低下や、医療費削減といった面で有用ではなく、人工心肺時間、大動脈遮断時間を延長するだけの手法であると報告した²⁰⁾。

もし、人工心肺時間、大動脈遮断時間が延長するのであれば高齢者に対するMICSは躊躇しなければならない。なぜならば、高齢者心臓手術の手術死亡に関連する重要な危険因子は、手術時間、人工心肺時間、大動脈遮断時間であるからである²¹⁾。そして、高齢者に対して推奨されるべき術式とならない限り、MICSの本来の意義は薄れてしまうと考えられる。現段階では、MICSによる大動脈弁置換術は従来の胸骨正中切開法と比較して低侵襲であるとは言えず、患者の希望により選択される一術式と考える方が良いと考える。

文 献

- 1) 尾本 正, 四津良平, 申 範圭, ほか. 高齢者における低侵襲小切開心臓手術 (MICS) の意義 工学的支援について. *人工臓器*. 1998; 27:56-58.
- 2) 四津良平, 申 範圭, 前原正明, ほか. 2. 弁膜症手術における Minimally invasive cardiac surgery (MICS). 尾本良三監修, 許 俊鋭編. 低侵襲心臓外科手術. 東京: 診断と治療社; 1999. pp95-105.
- 3) Benetti FJ, Ballester C, Sani G, *et al.* Video assisted coronary bypass surgery. *J Card Surg*. 1995;10:620-625.
- 4) Cosgrove DM 3rd, Sabik JF. Minimally invasive approach for aortic valve operations. *Ann Thorac Surg*. 1996;62:596-597.
- 5) Suenaga E, Suda H, Katayama Y, *et al.* Comparison of limited and full sternotomy in aortic valve replacement. *Jpn J Thorac Cardiovasc Surg*. 2004;52:286-291.
- 6) Frazier BL, Derrick MJ, Purewal SS, *et al.* Minimally invasive aortic valve replacement. *Eur J Cardiothorac Surg*. 1998;14 suppl 1:S122-S125.
- 7) Cosgrove DM 3rd, Sabik JF, Navia JL. Minimally invasive valve operations. *Ann Thorac Surg*. 1998;65:1535-1539.
- 8) Svensson LG. Minimal-access "J" or "j" sternotomy for valvular, aortic, and coronary operations or reoperations. *Ann Thorac Surg*. 1997; 64:1501-1503.
- 9) Gillinov AM, Banbury MK, Cosgrove DM. Is minimally invasive heart valve surgery a paradigm for the future? *Curr Cardiol Rep*. 1999; 1:318-322.
- 10) Doty DB, Flores JH, Doty JR. Cardiac valve operations using a partial sternotomy (lower half) technique. *J Card Surg*. 2000;15:35-42.
- 11) Doty DB, DiRusso GB, Doty JR. Full-spectrum cardiac surgery through a minimal incision: mini-sternotomy (lower half) technique. *Ann Thorac Surg*. 1998;65:573-577.
- 12) Gundry SR, Shattuck OH, Razzouk AJ, *et al.* Facile minimally invasive cardiac surgery via ministernotomy. *Ann Thorac Surg*. 1998;65: 1100-1104.
- 13) Johnston DR, Atik FA, Rajeswaran J, *et al.* Outcomes of less invasive J-incision approach to aortic valve surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2012;144:852-858, e3.
- 14) Chang YS, Lin PJ, Chang CH, *et al.* "T" ministernotomy for aortic valve replacement. *Ann Thorac Surg*. 1999;68:40-45.
- 15) 藤井玄洋, 伊藤敏明, 前川厚生, ほか. 右傍胸骨小切開による大動脈弁置換術. *日心臓血管外会誌*. 2013;42:11-15.
- 16) Hiraoka A, Kuinose M, Chikazawa G, *et al.* Minimally invasive aortic valve replacement surgery: comparison of port-access and conventional standard approach. *Circ J*. 2011;75: 1656-1660.
- 17) Plass A, Scheffel H, Alkadhi H, *et al.* Aortic valve replacement through a minimally invasive approach: preoperative planning, surgical technique, and outcome. *Ann Thorac Surg*. 2009;88:1851-1856.
- 18) 久下 眞, 松岡宥子, 小林 彰, ほか. 右傍胸骨小切開法による大動脈弁置換術3症例の麻酔経験. *三菱京都病医誌*. 1999;6:21-23.
- 19) Kaur S, Balaguer J, Vander Salm TJ. Improved myocardial protection in minimally invasive aortic valve surgery with the assistance of port-access technology. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1998;116:874-875.
- 20) Glauber M. Minimally invasive aortic valve replacement. The 44th Annual Meeting of the Society of Thoracic Surgeons. 2008.
- 21) Gatti G, Cardu G, Lusa AM, *et al.* Predictors of postoperative complications in high-risk octogenarians undergoing cardiac operations. *Ann Thorac Surg*. 2002;74:671-677.